



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 17 736.1

Anmeldetag: 11. April 2003

Anmelder/Inhaber: Dr. Johannes Heidenhain GmbH,
83301 Traunreut/DE

Bezeichnung: Abtasteinheit für eine Positionsmesseinrichtung
zum optischen Abtasten einer Maßverkörperung

IPC: G 01 B, G 01 D

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 9. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Dzierzon

Dr. Johannes Heidenhain GmbH
Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut

JH162

**Abtasteinheit für eine Positionsmesseinrichtung zum optischen Abtasten einer
Maßverkörperung**

Beschreibung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Abtasteinheit für eine Positionsmesseinrichtung zum optischen Abtasten einer Maßverkörperung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Abtasteinheit umfasst eine Lichtquelle zum Aussenden von Licht in Richtung auf die mit einer optisch abtastbaren Spur versehene Maßverkörperung; einen
10 Detektor zum Empfangen des durch die Maßverkörperung modifizierten, z.B. reflektierten, Lichtes; sowie eine vor dem Detektor angeordnete, eine Mehrzahl optischer Linsen aufweisende Linsenanordnung zur Erzeugung eines definierten Abbildes eines mittels des Lichtes abgetasteten Bereiches der Maßverkörperung auf dem Detektor.

- 15 Eine solche Abtasteinheit kann zum Abtasten einer mit einer Codespur versehenen Maßverkörperung im Auflicht- oder im Durchlichtverfahren vorgesehen sein. Im erstgenannten Fall wird das von der Lichtquelle in Richtung auf die Maßverkörperung ausgesandte Licht durch die Maßverkörperung modifiziert und reflektiert; im
20 (lichtdurchlässige) Maßverkörperung hindurch und wird dabei modifiziert.

Aus der EP 1 009 936 A1 ist eine Positionsmesseinrichtung bekannt, bei der eine Messteilung mittels einer Lichtquelle und eines Detektors in Form einer CCD-Zeile abtastbar ist. Dabei ist zwischen der auf einer Maßverkörperung vorgesehenen Messteilung und dem Detektor eine Mehrzahl in einer Ebene nebeneinander angeordneter Linsen vorgesehen, über die die auf der Maßverkörperung angeordnete Messteilung auf den Detektor abgebildet wird.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Abtasteinheit für eine Positionsmesseinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die es gestattet, zum Abtasten einer Maßverkörperung im Auflichtverfahren und im Durchlichtverfahren identische Detektoren einzusetzen.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Schaffung einer Abtasteinheit mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Danach ist der Abbildungsmaßstab der Linsenanordnung, die zur Erzeugung eines definierten Abbildes des abgetasteten Bereiches der Maßverkörperung auf dem Detektor dient, größer als null und kleiner oder gleich zwei.

Durch den positiven Abbildungsmaßstab der Linsenanordnung wird erreicht, dass das auf dem Detektor erzeugte Abbild des abgetasteten Bereiches der Maßverkörperung unabhängig davon, ob die Maßverkörperung im Auflicht- oder im Durchlichtverfahren abgetastet wird, die gleiche räumliche Orientierung aufweist. Hierdurch lässt sich auch bei Codespuren mit absoluter Positionsinformation (z.B. einem PRC Code) ein Detektortyp, der beispielsweise auf einem bestimmten Opto-ASIC basiert, in gleicher Weise in einem Durchlicht- als auch in einem Auflicht-Positionsmessgerät verwenden; denn es wird durch den positiven Abbildungsmaßstab eine korrekte Abbildung und Auswertung einer Codespur der Maßverkörperung gewährleistet.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Linsenanordnung derart ausgebildet, dass der Abbildungsmaßstab den Wert eins annimmt. Ein Abbildungsmaßstab mit einem Wert größer eins kann jedoch z.B. dazu dienen, sehr kleine Strukturen auf der Maßverkörperung zu vergrößern.

Die Linsenordnung umfasst eine Mehrzahl in mindestens einer Ebene angeordneter Linsen, die derart ausgerichtet sind, dass das durch die Maßverkörperung modifizierte Licht diese Ebene schneidet. Die Ebene erstreckt sich hierzu einerseits entlang der Messrichtung, entlang der die Abtasteinheit relativ zu der Maßverkörperung bewegbar ist, sowie andererseits senkrecht zu dieser Richtung.

Insbesondere umfasst die Linsenordnung zwei Gruppen von Linsen, die in jeweils einer von zwei parallel zueinander erstreckten Ebenen angeordnet sind, wobei die Linsen der beiden Gruppen jeweils paarweise zu einer Zelle zusammengefasst sind und die Linsen einer Zelle jeweils senkrecht zu den besagten Ebenen hintereinander angeordnet sind.

Die Anordnung der Linsen zur Bildung von Zellen erfolgt derart, dass zumindest ein Teil der modifizierten Lichtstrahlen, die eine erste Linse einer Zelle passiert haben, anschließend zu der zweiten Linse derselben Zelle gelangen, wobei vorzugsweise im Wesentlichen sämtliche Lichtstrahlen, die die erste Linse einer Zelle passiert haben, anschließend zu der zweiten Linse derselben Zelle und nicht zu einer zweiten Linse einer anderen Zelle gelangen.

Der erfindungsgemäß vorgesehene Abbildungsmaßstab der Linsenordnung lässt sich insbesondere dadurch erreichen, dass für jede Zelle der Linsenordnung das Produkt der Abbildungsmaßstäbe der beiden Linsen kleiner oder gleich eins, insbesondere gleich eins, ist. Hierbei ist vorzugsweise für jede Zelle der Betrag des Abbildungsmaßstabes der ersten Linse kleiner dem Betrag des Abbildungsmaßstabes der zweiten Linse, zu der das Licht gelangt, nachdem es die erste Linse passiert hat. Dies bedeutet, dass das von der ersten Linse der jeweiligen Zelle erzeugte Zwischenbild eine kleinere Ausdehnung aufweist als das von den beiden Linsen der Zelle schließlich auf dem Detektor erzeugte Abbild des abgetasteten Bereiches der Maßverkörperung.

Indem der Betrag des Abbildungsmaßstabes der ersten Linse der jeweiligen Zelle um soviel kleiner gewählt wird, als der Betrag des Abbildungsmaßstabes der zweiten Linse, dass die Lichtstrahlen eines Lichtbündels, welches die erste Linse einer Zelle passiert

hat, nicht zu einer zweiten Linse einer anderen Zelle gelangen, lässt sich ohne Verwendung einer Blendenstruktur ein Übersprechen zwischen benachbarten Zellen verhindern. Hierzu können insbesondere die Brennweiten der Linsen der ersten Gruppe und der zweiten Gruppe der Linsenanordnung unterschiedlich gewählt sein, wobei die
5 Brennweite der Linsen, die das durch die Maßverkörperung modifizierte Licht zuerst passiert, größer ist als die Brennweite der anderen, zweiten Linsen der Zellen.

Andererseits kann eine Blendenstruktur vorgesehen sein, um ein Übersprechen zwischen benachbarten Zellen zu vermeiden. Diese Blendenstruktur kann beispielsweise
10 in der Ebene derjenigen Gruppe von Linsen angeordnet sein, die das durch die Maßverkörperung modifizierte Licht zuerst passiert. Alternativ kann die Blendenstruktur auch zwischen den beiden Gruppen von Linsen angeordnet sein. Hierbei kann jeder Zelle eine separate Blende der Blendenstruktur zugeordnet sein.

15 Die einzelnen Linsen der Linsenanordnung sind vorzugsweise zylinderartig gewölbt und können in der Draufsicht beispielsweise rechteckförmig, elliptisch oder radial symmetrisch ausgebildet sein.

Zur Bildung der einzelnen Linsen eignen sich sowohl diffraktive als auch refraktive
20 optische Elemente.

Ferner kann vorgesehen sein, dass die Linsen der Linsenanordnung nur eine teilfokussierende optische Wirkung aufweisen, z.B. nur entlang der Messrichtung der jeweiligen Positionsmesseinrichtung.
25

Das von der Lichtquelle erzeugte und durch die Maßverkörperung modifizierte Licht kann vor dem Erreichen der Maßverkörperung oder nach der Modifikation durch die Maßverkörperung mittels mindestens einer hierfür vorgesehenen, vor oder hinter der Maßverkörperung angeordneten Linse (Kondensorlinse) parallelisiert werden. Es ist
30 jedoch auch möglich, eine Abtasteinheit mit divergentem Licht zu betreiben.

Eine Positionsmesseinrichtung mit einer erfindungsgemäßen Abtasteinheit und mit einer hierdurch abzutastenden Maßverkörperung, die mindestens eine optisch abtastbare Spur aufweist, ist durch die Merkmale des Patentanspruchs 27 charakterisiert.

- 5 Bei der optisch abtastbaren Spur der Maßverkörperung kann es sich einerseits um eine absolut codierte Spur handeln, die mit einem geeigneten linearen Zeilensensor abgetastet wird, oder um eine Inkrementalspur, der wiederum ein geeigneter, bekannter Detektor zugeordnet ist. Sind auf der Maßverkörperung sowohl eine Codespur als auch eine Inkrementalspur vorgesehen, so umfasst der Detektor dementsprechend einerseits
- 10 Detektorbereiche, die zur Abtastung einer Codespur geeignet sind, und andererseits Detektorbereiche, die zur Abtastung einer Inkrementalspur geeignet sind.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden bei der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren deutlich werden.

15 Es zeigen:

Figur 1 eine Positionsmesseinrichtung mit einer Abtasteinheit zum Abtasten einer Maßverkörperung im Auflichtverfahren, wobei zwischen der

20 Maßverkörperung und einem Detektor der Positionsmesseinrichtung eine Linsenordnung vorgesehen ist;

Figur 2 einen Schnitt durch einen Ausschnitt der Linsenordnung aus Fig. 1;

25 Figur 3 eine Abwandlung der Linsenordnung gemäß Figur 2;

Figur 4 eine weitere Abwandlung der Linsenordnung aus Figur 2;

Figur 5 eine Draufsicht auf eine Ebene der Linsenordnung aus Figur 1.

30

Figur 1 zeigt ein Positionsmesssystem für eine Längenmessung entlang einer Messrichtung M mit einer Maßverkörperung 2 und einer entlang der Messrichtung M

relativ zu der Maßverkörperung 2 bewegbaren Abtasteinheit 1 zum Abtasten der Maßverkörperung 2.

Die Maßverkörperung 2 weist eine Inkrementalspur 21 in Form einer linearen, periodischen, entlang der Messrichtung M erstreckten Strichteilung sowie eine neben der Inkrementalspur 21 angeordnete, ebenfalls entlang der Messrichtung M erstreckte Codespur 22 mit absoluter Positionsinformation (z.B. einen PRC-Code) auf. Durch Abtastung der Inkrementalspur 21 mittels der Abtasteinheit 1 bei einer Bewegung der Abtasteinheit 1 relativ zu der Maßverkörperung 2 in Messrichtung M kann das Ausmaß der Bewegung der Abtasteinheit 1 relativ zu der Maßverkörperung 2 (Relativbewegung) ermittelt werden. Die Codespur 22 ermöglicht demgegenüber die Bestimmung der jeweiligen absoluten Position der Abtasteinheit 1 relativ zu der Maßverkörperung 2.

Die zum Abtasten der Maßverkörperung 2 dienende opto-elektronische Abtasteinheit 1 weist eine Leiterplatte 10 auf, auf der eine Lichtquelle 11 in Form einer lichtemittierenden Diode sowie im Abstand zur Lichtquelle 11 ein fotoelektrischer Detektor 19 angeordnet ist, der abwechselnd strahlungsempfindliche Bereiche und strahlungsunempfindliche Lücken aufweist, deren Ausrichtung der Ausrichtung der jeweiligen, zugeordneten Messteilung 21, 22 angepasst ist. Der fotoelektrische Detektor 19 kann beispielsweise entsprechend dem aus der DE 100 22 619 A1 bekannten strukturierten opto-elektronischen Fotodetektor ausgebildet sein.

Die Leiterplatte 10 mit der Lichtquelle 11 und dem fotoelektrischen Detektor 19 ist in einem Abtastgehäuse angeordnet, dessen der Lichtquelle 11 zugewandte Seitenwand 12 als Reflexionsfläche verspiegelt ausgebildet ist und die von der Lichtquelle 11 ausgesandten Lichtstrahlen L zu einer Kondensorlinse 13 reflektiert, von der die Lichtstrahlen 11 dann als parallelisiertes Lichtbündel durch eine die Bodenfläche des Abtastgehäuses bildende Glasplatte 15 zu der Maßverkörperung 2 geführt werden.

Die Glasplatte 15 weist oberhalb der Inkrementalspur 21 ein Abtastgitter mit einer Gitterstruktur auf, die geringfügig von der Gitterkonstanten der Inkrementalspur 21 der Maßverkörperung 2 abweicht, so dass aus der Wechselwirkung der beiden Gitterstrukturen ein virtuelles Streifenmuster – beispielsweise ein sogenanntes Vernier-

Streifenmuster – in einer Zwischenebene erzeugt wird, welches dann über eine Linsenoptik 3, 4 auf den Detektor 19 abgebildet wird. Oberhalb der Codespur 22 ist die Glasplatte 15 demgegenüber nicht strukturiert.

- 5 Gemäß Figur 1 ist das Positionsmesssystem als ein im Auflichtverfahren arbeitendes System ausgebildet, so dass das von der Lichtquelle 11 ausgesandte und mittels der Kondensorlinse 13 parallelisierte Licht nach dem Passieren der Glasplatte 15 von der Maßverkörperung 2 reflektiert wird, wobei durch das Zusammenwirken der Inkrementalspur 21 der Maßverkörperung 2 und der Gitterstruktur der Glasplatte 15 ein
- 10 definiertes Streifenmuster erzeugt wird bzw. durch Modifikation der Lichtstrahlen mittels der Codespur 22 ein charakteristisches Abbild des PRC-Code der Codespur 22 erzeugbar ist. Alternativ kann die Kondensorlinse auch zwischen der Maßverkörperung und der Linsenanordnung angeordnet sein.
- 15 Im folgenden wird insbesondere die Erzeugung eines korrekten Abbildes der Codespur 22 auf dem Detektor 19 näher erläutert werden, da hierfür die erfindungsgemäße Ausbildung der Linsenanordnung 3, 4 mit einem positiven Abbildungsmaßstab von besonderer Bedeutung ist.
- 20 Das reflektierte Licht gelangt zu der Linsenanordnung 3, 4, die durch zwei Gruppen von Linsen gebildet wird, welche in jeweils einer von zwei parallel zueinander verlaufenden Ebenen 30, 40 angeordnet sind. Jede der beiden Linsengruppen 3 bzw. 4 besteht aus einer Mehrzahl in der jeweiligen Ebene 30 bzw. 40 nebeneinander angeordneter Linsen (sogenanntes Mikrolinsen-Array). Die Ebenen 30, 40, in denen die beiden Linsengruppen
- 25 3, 4 der Linsenanordnung sich erstrecken, sind derart angeordnet, dass sie von den an der Maßverkörperung 2 reflektierten Lichtstrahlen L im Wesentlichen senkrecht geschnitten werden. Alternativ könnten die beiden Ebenen im Gehäuse Abtasteinheit jedoch auch parallel zu der Maßverkörperung angeordnet sein.
- 30 Bei einem derartigen doppelten Linsen-Array, das aus zwei in einem definierten Abstand voneinander und parallel zueinander angeordneten Linsengruppen besteht, kann jeder Einzellinse der ersten Linsengruppe 3 genau eine Einzellinse der zweiten Gruppe 4 zugeordnet werden. Dadurch lässt sich mit Linsen ohne Wellenleiterstruktur ein positiver

Abbildungsmaßstab, d.h. ein Abbildungsmaßstab mit einem Wert größer als null, insbesondere dem Wert eins, realisieren. Ein solcher Abbildungsmaßstab ermöglicht es wiederum, die Bildbereiche der Einzellinsen mit einer definierten räumlichen Orientierung kontinuierlich aneinander anzuschließen. Die Verwendung einer Linsenordnung mit
5 zwei entlang der optischen Achse voneinander beabstandeten Linsengruppen 3, 4 ermöglicht eine großflächige Abtastung der Maßverkörperung 2 bei gleichzeitig geringer Bauhöhe und somit kompakter Ausbildung des Positionsmesssystems.

Besonders vorteilhaft ist hierbei eine derartige Ausbildung der Linsenordnung, dass
10 der Abbildungsmaßstab den Wert 1 annimmt. Indem für beide Linsengruppen 3, 4 das gleiche Raster, d.h. eine übereinstimmende Anordnung der Einzellinsen in der jeweiligen Ebene 30, 40, verwendet wird, gehen die (entsprechend gerasterten) Bildbereiche des von der Linsenordnung 3, 4 auf dem Detektor 19 erzeugten Abbildes unmittelbar kontinuierlich ineinander über. Es bestehen also in der gesamten Linsenordnung 3, 4
15 einheitliche Abbildungsverhältnisse.

Figur 2 zeigt einen Ausschnitt eines Querschnittes durch die Linsenordnung 3, 4 aus Figur 1, der insgesamt drei Zellen 31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c der Linsenordnung umfasst. Unter einer Zelle 31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c der Linsenordnung 3, 4
20 werden dabei jeweils zwei hintereinander angeordnete Einzellinsen 31a, 41a bzw. 31b, 41b bzw. 31c, 41c der Linsenordnung 3, 4 verstanden, wobei von den beiden Linsen einer Zelle jeweils die eine aus der ersten Linsengruppe 3 und die andere aus der zweiten Linsengruppe 4 der Linsenordnung 3, 4 stammt.

In dem in Figur 2 beispielhaft dargestellten Ausschnitt der Linsenordnung 3, 4 ist eine
25 zentrale Zelle 31b, 41b erkennbar, die eine Linse 31b aus der ersten Linsengruppe 3 und eine Linse 41b aus der zweiten Linsengruppe 4 umfasst, sowie zwei beidseits der zentralen Linsengruppe 31b, 41b angeordnete weitere Linsengruppen 31a, 41a und 31c, 41c. Die Funktion der in Zellen unterteilten Linsenordnung 3, 4 wird nachfolgend
30 insbesondere anhand der zentralen Zelle 31b, 41b aus Figur 2 näher erläutert werden.

Die zentrale Zelle 31b, 41b umfasst eine erste Einzellinse 31b, die einen Bestandteil der ersten Linsengruppe 3 (vgl. Figur 1) bildet und in der entsprechenden Ebene 30

angeordnet ist, sowie eine zweite Einzellinse 41b, die entlang der optischen Achse A hinter der ersten Einzellinse 31b der Zelle angeordnet ist und die als Bestandteil der zweiten Linsengruppe 4 in der entsprechenden parallelen Ebene 40 liegt. In gleicher Weise sind die Einzellinsen der weiteren Zellen 31a, 41a; 31c, 41c entlang der optischen Achse A der Linsenordnung 3, 4 jeweils hintereinander angeordnet. Insgesamt bilden die ersten Linsen 31a, 31b, 31c der Zellen jeweils einen Bestandteil der ersten Linsengruppe 3 und die zweiten Linsen 41a, 41b, 41c der jeweiligen Zelle einen Bestandteil der zweiten Linsengruppe 4 der Linsenordnung 3, 4.

Figur 2 zeigt schematisch ein durch die Maßverkörperung 2 (vgl. Figur 1) reflektiertes, parallelisiertes Bündel B, das im Wesentlichen entlang der optischen Achse A der Linsenordnung 3, 4 erstreckt ist und welches bei der Reflexion an der Maßverkörperung 2 durch den Code der Codespur 22 modifiziert wird, von dem in Figur 2 beispielhaft ein Bestandteil als Objekt O angedeutet ist.

Die Codespur 22 wird mittels der Linsenordnung 3, 4 auf den Detektor 19 der Abtasteinheit 1 (vgl. Figur 1) abgebildet, wie nachfolgend beispielhaft anhand des Objektes O und einer Zelle 31b, 41b der Linsenordnung 3, 4 erläutert. Hierzu sind einzelne Lichtstrahlen L des parallelisierten Lichtbündels B separat dargestellt.

Von dem die Codespur repräsentierenden Objekt O wird mittels der ersten Linse 31b der entsprechenden Zelle 31b, 41b ein Zwischenbild O' erzeugt, aus dem dann mittels der zweiten Linse 41b der Zelle 31b, 41b das auszuwertende Abbild O'' auf dem Detektor 19 (vgl. Figur 1) erzeugt wird. Da der Abbildungsmaßstab β der Linsenordnung 3, 4 und vorliegend insbesondere auch jeder einzelnen Zelle gleich eins ist, weist das Abbild O'' die gleiche räumliche Orientierung und die gleiche Größe auf wie das die Codespur repräsentierende Objekt O. Insofern kann mit der anhand der Figuren 1 und beschriebenen Linsenordnung ein Abbild der Codespur erzeugt werden, das dem bei Abtastung einer Maßverkörperung im Durchlichtverfahren erzeugten Abbild entspricht. Dies gestattet die Verwendung eines einheitlichen Detektortyps sowohl bei im Durchlichtverfahren als auch bei im Auflichtverfahren abtastenden Positionsmesseinrichtungen.

Nachfolgend seien nochmals einige wichtige Eigenschaften und Vorteile der in Figur 2 gezeigten Anordnung zusammengefasst.

- 5 Ein wichtiger Vorteil des Abbildungsmaßstabes $\beta = 1$ zeigt sich bei Betrachtung der Änderung der Bildweite b_2 der zweiten Linse 41b der Zelle bezogen auf eine Änderung der Gegenstandsweite g_1 der ersten Linse 31b der Zelle 31b, 41b:

$$b_2/g_1 = -\beta^2 = -1.$$

- 10 Aus dieser Relation ergibt sich, dass eine kleine Verschiebung der beiden Linsengruppen 3, 4 relativ zu einem fixierten Objekt O und dem zugehörigen Bild O" noch eine scharfe Abbildung ermöglicht. Daher können entsprechend große Toleranzen bei der Montage der Linsenordnung 3, 4 in Kauf genommen werden.

- 15 Um die vorbeschriebene, vorteilhafte 1:1-Abbildung eines ausgedehnten Bereiches eines Objektes, nämlich einer Codespur, mittels der Linsenordnung 3, 4 zu erreichen, wobei der abzubildende Bereich deutlich größer als die Ausdehnung der Einzellinsen der Linsenordnung sein soll, muss für das Produkt der Abbildungsmaßstäbe β_1 und β_2 der ersten Linse 31b und der zweiten Linse 41b der jeweiligen Zelle 31b, 41b gelten,

20

$$\beta_1 * \beta_2 = 1,$$

wobei β_1 und β_2 jeweils negativ sind. β_1 und β_2 sind so zu wählen, dass optimale Eigenschaften hinsichtlich der Abbildungsqualität erreicht werden.

25

Nachfolgend wird zunächst davon ausgegangen, dass die Linsen der beiden Linsengruppen 3, 4 jeweils eine identische Brennweite f aufweisen und dass die von einer jeweiligen Zelle (z.B. 31b, 41b) der Linsenordnung 3, 4 erzeugte erste (zu dem Zwischenbild O' führende) Abbildung den Abbildungsmaßstab β_1 und die zweite
30 Abbildung den Abbildungsmaßstab β_2 habe, wobei nachfolgend außerdem g_1 und b_1 die Gegenstandsweite und Bildweite der ersten Abbildung sowie g_2 und b_2 die Gegenstandsweite und Bildweite der (zu dem Abbild O" führenden) zweiten Abbildung

bezeichnen und D die Differenz zwischen dem Abstand der beiden Linsen 31b, 41b einer Zelle und der Brennweite f angibt. Es gilt dann:

$$\begin{aligned} f + D &= b_1 + g_2 \\ 5 \qquad \qquad &= f (1 + |\beta_1|) + f (1 + 1/|\beta_2|), \end{aligned}$$

wobei die Umformung unter Verwendung der Abbildungsgleichungen für b_1 und g_2 erfolgte.

10 Wegen $\beta_1 \cdot \beta_2 = 1$ ergibt sich daraus

$$D = f \cdot (1 + 2 \cdot |\beta_1|).$$

15 In Figur 2 ist der entsprechende Verlauf des der zentralen Zelle 31b, 41b zugeordneten Lichtbündels B bei kollimierter Beleuchtung schraffiert dargestellt. Das der zentralen Zelle 31b, 41b zugeordnete Lichtbündel B umfasst dabei alle diejenigen Lichtstrahlen L, die die erste Linse 31b dieser Zelle 31b, 41b passieren. Anhand Figur 2 ist erkennbar, dass das Licht des Bündels B im Brennpunkt f der ersten Linse 31b gesammelt wird und
20 danach divergent auseinanderläuft. Hierdurch gelangt nicht das gesamte Licht des Bündels B zu der zweiten Linse 41b der entsprechenden Zelle 31b, 41b, sondern vielmehr auch auf die zweiten Linsen 41a, 41c weiterer Zellen 31a, 41a bzw. 31c, 41c. Dieses Übersprechen stört das individuelle Abbildungsverhalten der einzelnen Zellen und entzieht zudem den einzelnen Zellen jeweils Licht. Um dieses Übersprechen zu
25 reduzieren, muss der Differenzwert D zwischen dem Abstand der beiden Linsen 31b, 41b einer Zelle und der Brennweite f minimiert werden; denn dies grenzt das Auseinanderlaufen des hinter dem Brennpunkt f divergierenden Lichtkegels ein. Gemäß der obigen Gleichung wird dies durch eine Minimierung des Abbildungsmaßstabes β_1 der ersten Abbildung erreicht.

30

Besonders vorteilhafte Bedingungen bestehen bei übereinstimmenden Linsenrasterkonstanten in der ersten und zweiten Linsengruppe 3, 4, wenn der Differenzwert D gleich der Brennweite f_1 der ersten Linse 31b der jeweiligen Zelle 31b,

41b ist. Ein entlang der optischen Achse (also senkrecht zu den Ebenen 30, 40 der Linsengruppen 3, 4) auftreffendes, kollimiertes Lichtbündel B wird dann durch die jeweilige Einzellinse 31b der ersten Linsengruppe 3 genau auf die zugeordnete Einzellinse 41b der zweiten Linsengruppe abgebildet. Ein Übersprechen auf benachbarte
 5 Einzellinsen findet nicht statt.

Eine entsprechende Anordnung ist in Figur 3 dargestellt. Für einen Abbildungsmaßstab $\beta = +1$ gilt in diesem Fall:

10
$$g_1 = 2 * f_1^2 / (f_1 - f_2),$$

$$b_2 = 2 * f_1 * f_2 / (f_1 - f_2),$$

$$\beta_1 = 1/\beta_2 = (f_1 - f_2) / (f_1 + f_2) \text{ und}$$

15

$$b_2 / g_1 = f_2 / f_1 < 1.$$

Somit ergibt sich hinsichtlich der Vermeidung des Übersprechens die Regel, dass die Gesamtabbildung mit dem Abbildungsmaßstab $\beta = 1$ aufzuteilen ist in eine erste,
 20 verkleinernde Abbildung mit dem Abbildungsmaßstab $|\beta_1| \ll 1$ und nachfolgend eine vergrößernde zweite Abbildung mit dem Abbildungsmaßstab $|\beta_2| \gg 1$.

Gemäß Figur 3 lässt sich dabei das Übersprechen insbesondere dann eliminieren, wenn
 - bei identischer Linsenrasterkonstanten der ersten und zweiten Linsengruppe 3, 4 und
 25 unter Berücksichtigung der obigen Regeln für die erste und zweite Abbildung - die Brennweite f_2 der zweiten Linse 41b kleiner gewählt wird als die Brennweite f_1 der ersten Linse 31b, vgl. Figur 3.

Auch hinsichtlich weiterer Einflussgrößen ist es vorteilhaft, die beiden Abbildungen derart
 30 zu gestalten, dass zunächst eine Verkleinerung und anschließend eine Vergrößerung stattfindet. So variiert durch Montage- und Betriebstoleranzen die Gegenstandsweite g_1 der ersten Abbildung typischerweise in der Größenordnung von 0.1 mm. Da

$$g_1 = f_1 \cdot (1 + 1/\beta_1),$$

kann sich das Abbild von reell zu virtuell ändern, weil das abzubildende Objekt in den Fokus des Objektivs gerät, wenn $|f_1/\beta_1|$ in die Größenordnung von 0,1 mm liegt. Da für

5 Mikrolinsen, die insbesondere zur Bildung der Linsenordnung 3, 4 verwendet werden können, die Brennweite in der Größenordnung von 300 μm bis 800 μm liegt, muss zur Vermeidung dieses Problems entsprechend der Forderung $|f_1/\beta_1| \gg 0,1 \text{ mm}$, erreicht werden, dass $|\beta_1| \ll 3$. Dies ist die Bedingung für das Vermeiden eines Umklappens der reellen in virtuelle Bilder.

10

Grundsätzlich sollte jedoch über die obige Bedingung hinaus $|\beta_1| \ll 1$ gewählt werden, wodurch die Relation zwischen der Leseabstandstoleranz und der Gegenstandsweite g_1 deutlich verbessert, nämlich gesenkt wird. Eine entsprechend große Gegenstandsweite der ersten Abbildung ist auch dann vorteilhaft, wenn aus Schutzgründen zwischen

15 Objektiv und Maßstab eine Glasplatte angeordnet werden soll.

Nach einer anderen Variante lässt sich Übersprechen zwischen benachbarten Zellen durch Bündelbegrenzung, z.B. mittels einer Blendenanordnung, vermeiden. Ausgangspunkt ist hier die Beobachtung, dass sich bei einer optischen Abbildung eine

20 Variation der Gegenstandsweite mit dem Faktor β^2 auf die Bildweite und damit Bildgröße auswirkt. Bei einer Abbildung mit dem Abbildungsmaßstab $\beta = 1$ würden also Variationen der Gegenstands- bzw. Objektweite in entsprechende Variationen der Bildgröße übersetzt. Dem lässt sich durch Bündelbegrenzung in gewissem Umfang entgegenreten, z.B. durch Verwendung telezentrischer Objektive, wobei der Strahlverlauf vom

25 abzubildenden Objekt zur nachgeordneten Linse möglichst parallel zur optischen Achse ausgerichtet ist. Eine solche Anordnung lässt sich beispielsweise dadurch verwirklichen, dass im bildseitigen Brennpunkt der entsprechenden Linse eine Lochblende angeordnet wird. Die Größe des Loches bestimmt dann die Bündelaufweitung. Allerdings kann das Loch der Lochblende nicht beliebig klein ausgebildet werden. Da die Lochblende eine

30 Apperturblende ist, muss sichergestellt werden, dass das Verhältnis zwischen dem Lochradius und der Brennweite der Linse größer ist als der Sinus des Beugungswinkels erster Ordnung für das abzubildende Objekt.

Hiervon ausgehend gilt Folgendes: Bei einer zunächst verkleinernden Abbildung ($| \beta_1 | \ll 1$) ist die Gegenstands- bzw. Objektweite viel größer als die Brennweite der ersten Linse. Daher werden die Strahlenbündel in ihrer zulässigen Aufweitung selbst ohne zusätzliche Maßnahmen, also nur durch die Ausdehnung der Linsenöffnung bedingt, so stark limitiert, dass die Erfüllung der vorstehend genannten Bedingungen für den Einfang der ersten Beugungsordnung zu berücksichtigen sind. Es bestehen daher bei der ersten Abbildung ähnliche Bedingungen wie beim telezentrischen Objektiv, so dass durch die Beeinflussung von Bildgröße und -ort als Folge einer Variation des Leseabstandes minimiert sind. Durch derartige „Telezentrie-Eigenschaften“ der ersten Abbildung sowie eine exakte Montage kann dann die Objektweite der wegen der Bedingung $| \beta_2 | \gg 1$ besonders kritischen zweiten Abbildung geeignet eingestellt werden.

Neben einer Begrenzung des Strahlenbündels im Strahlengang zwischen den beiden Linsen 31b, 41b einer Zelle kann ein Übersprechen zwischen den Linsen benachbarter Zellen auch durch eine Modifikation der Apertur der ersten Linse 31b der jeweiligen Zelle 31b, 41b erreicht werden, indem in der Ebene der ersten Linsengruppe 3 zwischen den Linsen entsprechende Blenden angeordnet werden.

Figur 4 zeigt eine Anordnung gemäß Figur 2, bei der jeder Zelle, z.B. der zentralen Zelle 31b, 41b der Linsenanordnung 3, 4, eine Feldblende 5 zugeordnet ist, die, von der ersten Linse 31b der Zelle 31b, 41b her gesehen hinter dem Brennpunkt der ersten Linse 31b liegt und hierdurch das hinter dem Brennpunkt divergierenden Lichtstrahlenbündel B derart begrenzt, dass diejenigen Lichtstrahlen, welche die Blende 5 passieren, ausschließlich zur zweiten Linse 41b der zentralen Zelle 31b, 41b gelangen, nicht jedoch zu den zweiten Linsen 41a, 41c benachbarter Zellen 31a, 41a; 31c, 41c.

Die Begrenzung des Lichtbündels B mittels einer Blende 5 hat bei kollimierter Beleuchtung jedoch zur Folge, dass der Objektbereich reduziert wird, entsprechend dem in Figur 4 zweifach schraffiert dargestellten Ausschnitt des Lichtbündels B, welcher denjenigen Anteil B' des Lichtbündels B repräsentiert, der von der Blende 5 durchgelassen wird.

Zur Vermeidung eines mit der Verwendung einer Blendenstruktur gemäß Figur 4 verbundenen Informationsverlustes können gemäß Figur 5 die einzelnen Zeilen 31, 32, 33 einer Linsengruppe 3, die sich jeweils in der Erstreckungsebene der entsprechenden Linsengruppe 3 entlang der Messrichtung M erstrecken und die in einer Richtung Q quer zur Messrichtung nebeneinander angeordnet sind, in Messrichtung M zueinander versetzt sein, so dass eine Linse 31a, 31b, 31c aus einer Zeile 31 jeweils mit mehreren Linsen 32a, 32b; 32b, 32c; 32c, 32d der benachbarten Zeile 32 überlappt. Somit kann durch die jeweils benachbarte Zeile (32) derjenige Teil eines Objektes abgebildet werden, der bei der anderen Zeile (31) ausgeblendet ist. Vorzugsweise sind benachbarte Zeilen 31, 32 der Linsengruppe 3 jeweils um die halbe Ausdehnung der Linsen in Messrichtung M zueinander versetzt.

Alternativ könnte trotz Benutzung einer Blende zur Reduzierung des Übersprechens eine vollständige Übertragung des abzubildenden Objektes (ohne Reduzierung des Objektbereiches) auch durch den Ersatz eines kollimierten Lichtbündels durch divergentes Licht erreicht werden. Ohne eine zusätzliche Telezentrie-Blende hätte dies allerdings einen Verlust an Leseabstandstoleranz und mit zusätzlicher Telezentrie-Blende einen Verlust an übertragener Leistung zur Folge.

In diesem Zusammenhang sei noch auf einen weiteren Vorteil hinsichtlich der Stabilisierung der Code-Identifizierung bei der Verwendung von Linsengruppen 3, 4 in Form von Linsenarrays (d.h. großflächig in einer Ebene erstreckte Linsengruppen) hingewiesen. Dies betrifft die Auswirkungen von Leseabtastabstandsschwankungen auf den Abbildungsmaßstab bei der Abbildung der auf der Maßverkörperung vorgesehenen Code-Sequenzen auf den Detektor. Diese Abtastabstandsschwankungen, d.h. Schwankungen in dem Abstand zwischen Maßverkörperung und Detektor, können dazu führen, dass die übertragenen Lichtmuster nicht mehr zu der Oberflächenstruktur des zugeordneten Detektors passen und der Code durch den Detektor nicht mehr erkannt werden kann.

Bei den vorstehenden Ausführungsbeispielen wurde durchgängig von Abbildungen mit einem Abbildungsmaßstab $\beta = 1$ ausgegangen. Bei einem positiven Abbildungsmaßstab β mit einem Wert kleiner 1 blieben die durch die einzelnen Zellen 31a, 41a; 31b, 41b;

31c, 41c realisierten Bildbereiche voneinander separiert. In diesem Fall müsste das Detektorraster neben dem Raster der Code-Abtastung auch das Linsenraster als Überstruktur berücksichtigen. Bei einem positiven Abbildungsmaßstab β mit einem Wert größer 1 könnten demgegenüber sehr kleine Strukturen der Codespur entsprechend
5 vergrößert werden.

Anstelle der in den obigen Ausführungsbeispielen jeweils verwendeten Linsenanordnung in Form zweier paralleler, in jeweils einer Ebene 30, 40 angeordneter Linsengruppen 3, 4 kann zur Erzeugung des gewünschten positiven Abbildungsmaßstabes auch eine in einer
10 Ebene erstreckte Linsenanordnung in Form eines Arrays von Gradientenlinsen vorgesehen sein, wie beispielsweise aus Fotokopiergeräten bekannt. Die einzelnen Linsen werden dann beispielsweise in einem hexagonalen Raster angeordnet und ihre Länge wird derart gewählt, dass sie das abzubildende Objekt mit dem gewünschten Abbildungsmaßstab β , insbesondere dem Abbildungsmaßstab $\beta = 1$, abbilden. Bei
15 derartigen Gradientenlinsenarrays ist das optische Übersprechen von einer Linse auf die nächste aufgrund einer Wellenleiterstruktur unterdrückt. Allerdings ist das Auflösungsvermögen verglichen mit einer in zwei parallelen Ebenen erstreckten Linsenanordnung geringer und die erforderliche Länge der einzelnen Linsen steht einer kompakten Bauform einer Positionsmesseinrichtung entgegen.

20

* * * * *

25

30

Patentansprüche

- 5 1. Abtasteinheit für eine Positionsmesseinrichtung zum optischen Abtasten einer Maßverkörperung mit
- 10
- einer Lichtquelle zum Aussenden von Licht in Richtung auf eine Maßverkörperung,
 - einem Detektor zum Empfangen des von der Maßverkörperung modifizierten Lichtes und
 - einer vor dem Detektor angeordneten, eine Mehrzahl optischer Linsen aufweisenden Linsenanordnung zur Erzeugung eines definierten Abbildes eines mittels des Lichtes abgetasteten Bereiches der Maßverkörperung auf dem Detektor,
- 15
- dadurch gekennzeichnet,**
- 20
- dass der Abbildungsmaßstab (β) der Linsenanordnung (3, 4) größer als Null und kleiner oder gleich Zwei ist.
- 25 2. Abtasteinheit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Abbildungsmaßstab (β) gleich Eins ist.
- 30 3. Abtasteinheit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsenanordnung (3, 4) eine Mehrzahl in einer Ebene (30, 40) angeordneter Linsen umfasst und dass die Ebene (30, 40) derart ausgerichtet ist, dass das modifizierte Licht (L) die Ebene (30, 40) schneidet.

- 5 4. Abtasteinheit nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die Ebene (30, 40) sowohl entlang der Messrichtung (M) erstreckt, entlang der die Abtasteinheit (1) relativ zu der Maßverkörperung (2) bewegbar ist, als auch senkrecht zu dieser Richtung.
- 10 5. Abtasteinheit nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsenanzordnung (3, 4) zwei Gruppen (3; 4) von Linsen umfasst, die in jeweils einer von zwei parallel zueinander erstreckten Ebenen (30, 40) angeordnet sind.
- 15 6. Abtasteinheit nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsen der beiden Gruppen (3, 4) jeweils paarweise zu einer Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) zusammengefasst sind und dass die Linsen (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) einer Zelle jeweils senkrecht zu den beiden Ebenen (30, 40) hintereinander angeordnet sind.
- 20 7. Abtasteinheit nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil der modifizierten Lichtstrahlen (L), die eine erste Linse (31a, 31b, 31c) einer Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) passiert haben, anschließend zu der zweiten Linse (41a, 41b, 41c) der Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) gelangen.
- 25 8. Abtasteinheit nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Wesentlichen sämtliche modifizierte Lichtstrahlen (L), die die erste Linse (31a, 31b, 31c) einer Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) passiert haben, anschließend zu der zweiten Linse (41a, 41b, 41c) dieser Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) gelangen.
- 30 9. Anordnung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die modifizierten Lichtstrahlen (L), die die erste Linse (31a, 31b, 31c) einer Zelle

(31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) passiert haben, nicht zu einer zweiten Linse (41a, 41b, 41c) einer anderen Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) gelangen.

- 5 10. Abtasteinheit nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in einer Ebene (30) und dabei in einer Richtung (Q) senkrecht zur Messrichtung (M) nebeneinander angeordneten Linsen jeweils in Messrichtung (M) zueinander versetzt sind.

10

11. Abtasteinheit nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jede Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) das Produkt der Abbildungsmaßstäbe (β_1 , β_2) der beiden Linsen (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) kleiner oder gleich Eins, insbesondere gleich Eins ist.

15

12. Abtasteinheit nach einem der Ansprüche 6 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass für jede Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) der Betrag des Abbildungsmaßstabes (β_1) der ersten Linse (31a, 41b, 31c), zu der das modifizierte Licht (L) gelangt, kleiner ist als der Betrag des Abbildungsmaßstabes (β_2) der zweiten Linse (41a, 41b, 41c), zu der das modifizierte Licht (L) anschließend gelangt.

20

- 25 13. Abtasteinheit nach Anspruch 9 und 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Betrag des Abbildungsmaßstabes (β_1) der ersten Linse (31a, 31b, 31c) der jeweiligen Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) um soviel kleiner ist als der Betrag des Abbildungsmaßstabes (β_2) der zweiten Linse (41a, 41b, 41c), dass die Lichtstrahlen (L) eines Lichtbündels (B), welches die erste Linse (31a, 31b, 31c) einer Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) passiert hat, nicht zu einer zweiten Linse (41a, 41b, 41c) einer anderen Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) gelangen.
- 30

5 14. Abtasteinheit nach einem der Ansprüche 5 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennweiten (f_1 , f_2) der Linsen (31, 32, 33; 41) der ersten Gruppe (3) und der zweiten Gruppe (4) unterschiedlich sind, wobei die Brennweite (f_1) der Linsen (31a, 31b, 31c), die das modifizierte Licht (L) zuerst passiert, vorzugsweise größer ist als die Brennweite (f_2) der anderen Linsen (41a, 41b, 41c).

10

15. Abtasteinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Linsenanordnung (3, 4) eine Blendenstruktur zugeordnet ist.

15

16. Abtasteinheit nach Anspruch 5 und 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blendenstruktur in der Ebene (30) derjenigen Gruppe (3) von Linsen (31a, 31b, 31c) angeordnet ist, die das modifizierte Licht (L) zuerst passiert.

20

17. Abtasteinheit nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blendenstruktur zwischen den beiden Gruppen (3, 4) von Linsen (31a, 31b, 31c; 41a, 41b, 41c) angeordnet ist.

25

18. Abtasteinheit nach Anspruch 6 und Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) eine Blende (5) der Blendenstruktur zugeordnet ist.

30

19. Abtasteinheit nach Anspruch 9 und einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass das modifizierte Licht mittels der Blendenstruktur derart geführt wird, dass solche Lichtstrahlen (L), die die erste Linse (31a, 31b, 31c)

einer Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) passiert haben, nicht zu einer zweiten Linse (41a, 41b, 41c) einer anderen Zelle (31a, 41a; 31b, 41b; 31c, 41c) gelangen.

5

20. Abtasteinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsen der Linsenordnung (3, 4) zylinderartig gewölbt sind.

10

21. Abtasteinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsen der Linsenordnung (3, 4) in einer Draufsicht im Wesentlichen rechteckförmig ausgebildet sind.

15

22. Abtasteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsen der Linsenordnung (3, 4) in einer Draufsicht im Wesentlichen elliptisch ausgebildet sind.

20

23. Abtasteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsen der Linsenordnung (3, 4) in einer Draufsicht im Wesentlichen radialsymmetrisch ausgebildet sind.

25

24. Abtasteinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsen der Linsenordnung (3, 4) durch diffraktive oder durch refraktive optische Elemente gebildet werden.

30

25. Abtasteinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Linsen der Linsenordnung (3, 4) zumindest eine teilfokussierende optische Wirkung aufweisen.

5

26. Abtasteinheit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** mindestens eine Linse (13), mittels der das ausgesandte Licht vor dem Erreichen der Maßverkörperung (2) parallelisiert wird.

10

27. Abtasteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **gekennzeichnet durch** mindestens eine Linse, mittels der das ausgesandte Licht nach der Modifikation durch die Maßverkörperung (2) und vor dem Erreichen der Linsenordnung (3, 4) parallelisiert wird.

15

28. Abtasteinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abtasteinheit (1) mit divergentem, nicht parallelisiertem Licht betreibbar ist.

20

29. Positionsmesseinrichtung mit einer Maßverkörperung (2), die mindestens eine optisch abtastbare Spur (21, 22) aufweist, und mit einer Abtasteinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Abtasten der Maßverkörperung (2).

25

30. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine optisch abtastbare Spur (22) durch eine absolut codierte Spur gebildet wird.

30

31. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abtasteinheit (1) einen durch einen linearen Zeilensensor gebildeten Detektor (19) aufweist.

- 5 32. Positionsmesseinrichtung nach Anspruch 29, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optisch abtastbare Spur (21, 22) eine Inkrementalspur (21) umfasst und dass der Abtasteinheit (1) ein Detektor (19) zum Abtasten der Inkrementalspur (21) zugeordnet ist.

* * * * *

10

15

20

25

30

Zusammenfassung

- Die Erfindung bezieht sich auf eine Abtasteinheit für eine Positionsmesseinrichtung zum optischen Abtasten einer Maßverkörperung mit einer Lichtquelle zum Aussenden von Licht in Richtung auf eine Maßverkörperung, einem Detektor zum Empfang des von der Maßverkörperung modifizierten Lichtes und einer vor dem Detektor angeordneten, eine Mehrzahl optischer Linsen aufweisenden Linsenanordnung zur Erzeugung einer definierten Abbildung eines mittels des Lichtes abgetasteten Bereiches der Maßverkörperung auf dem Detektor. Dabei ist vorgesehen, dass der Abbildungsmaßstab der Linsenanordnung (3, 4) größer als Null und kleiner oder gleich Eins ist.

Figur 1

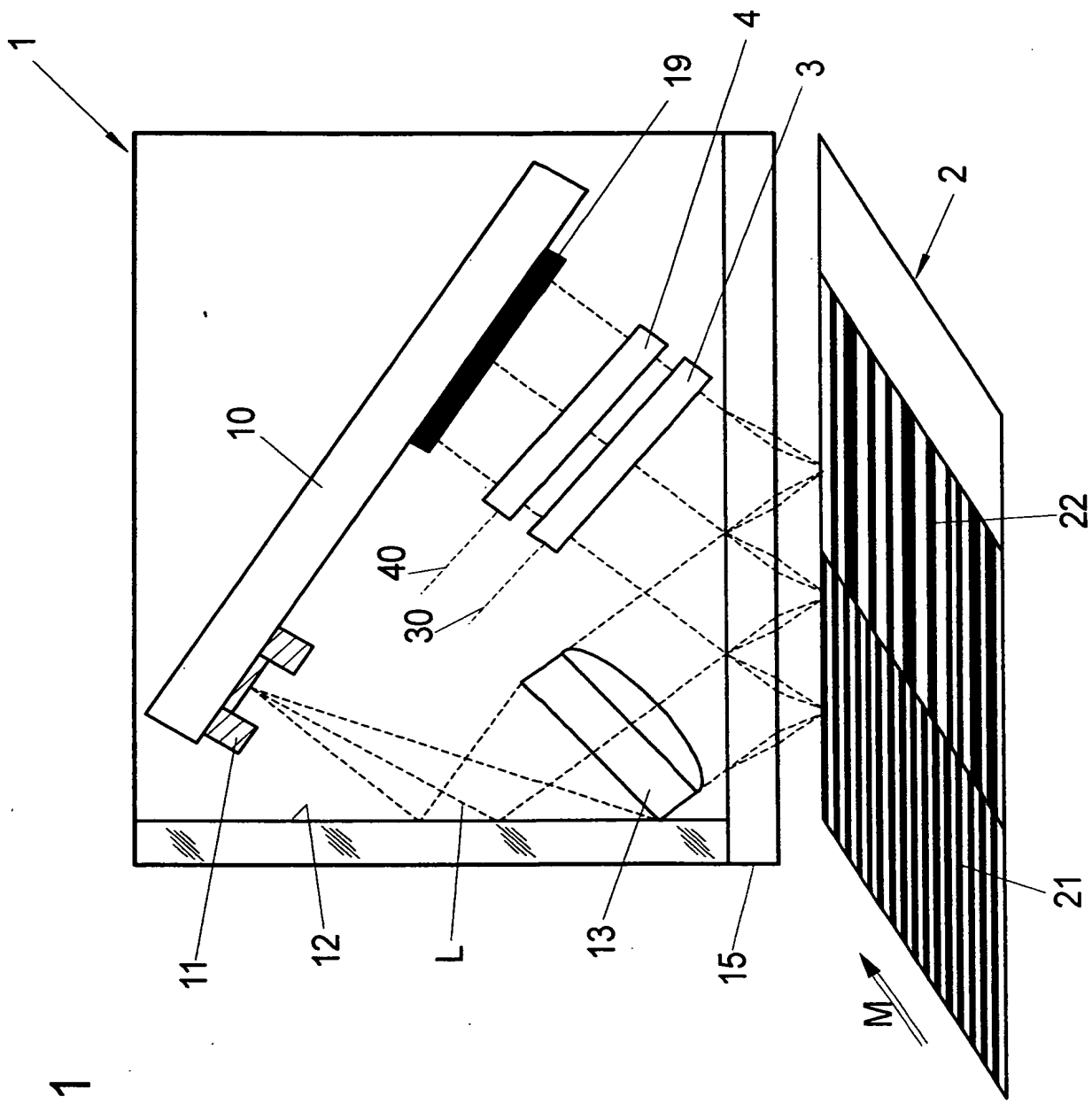


Fig. 1

FIG 2

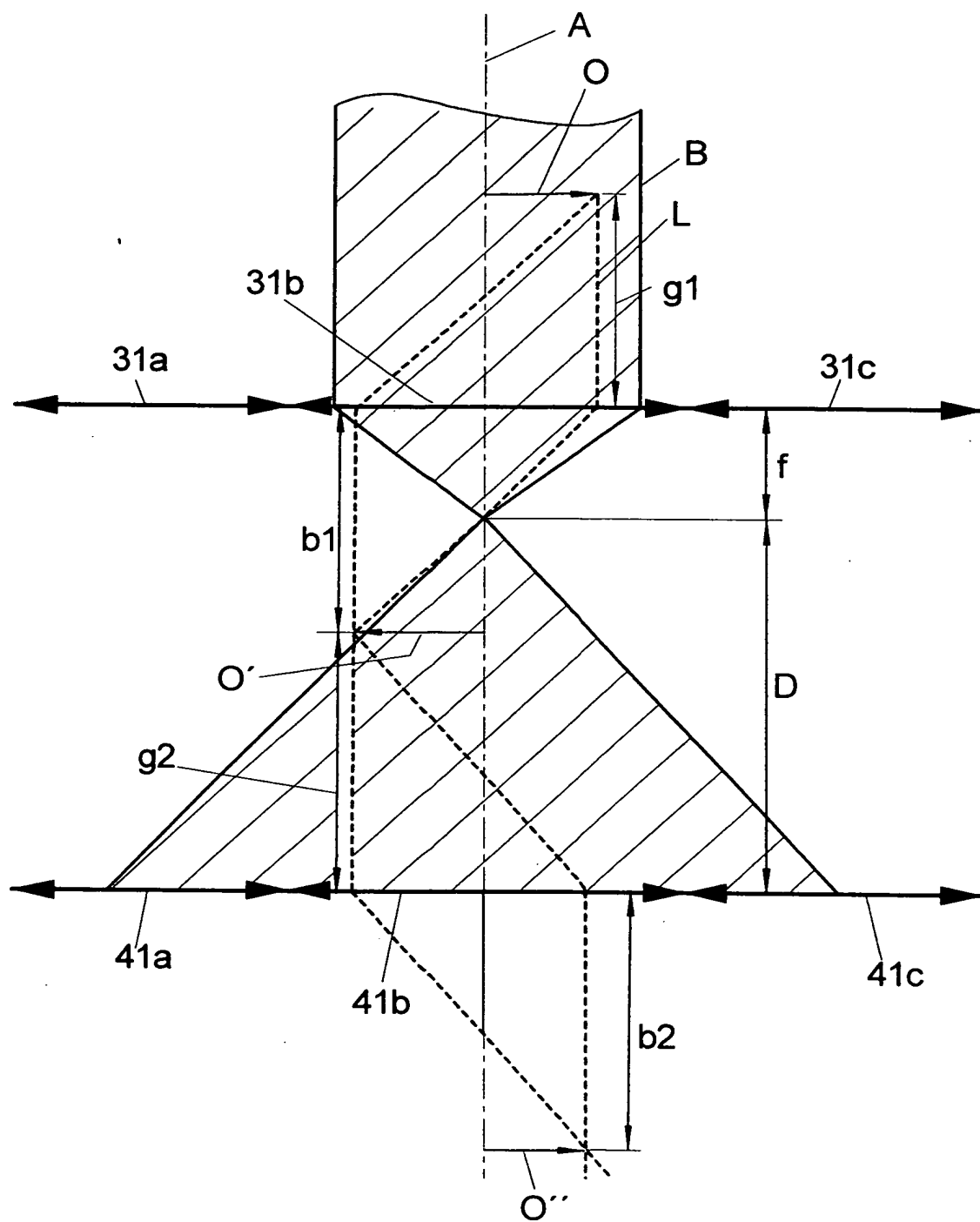


FIG 3

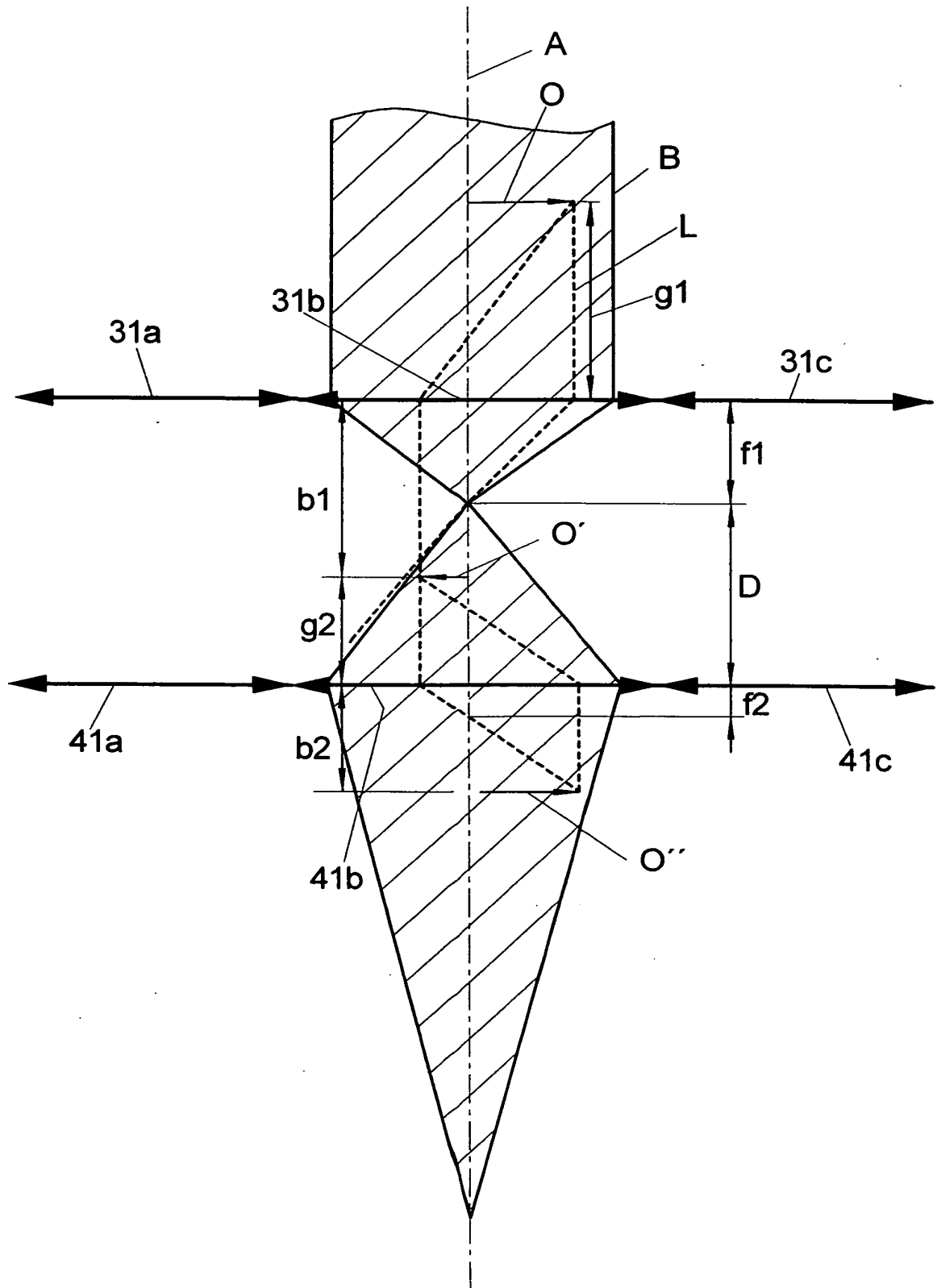


FIG 4

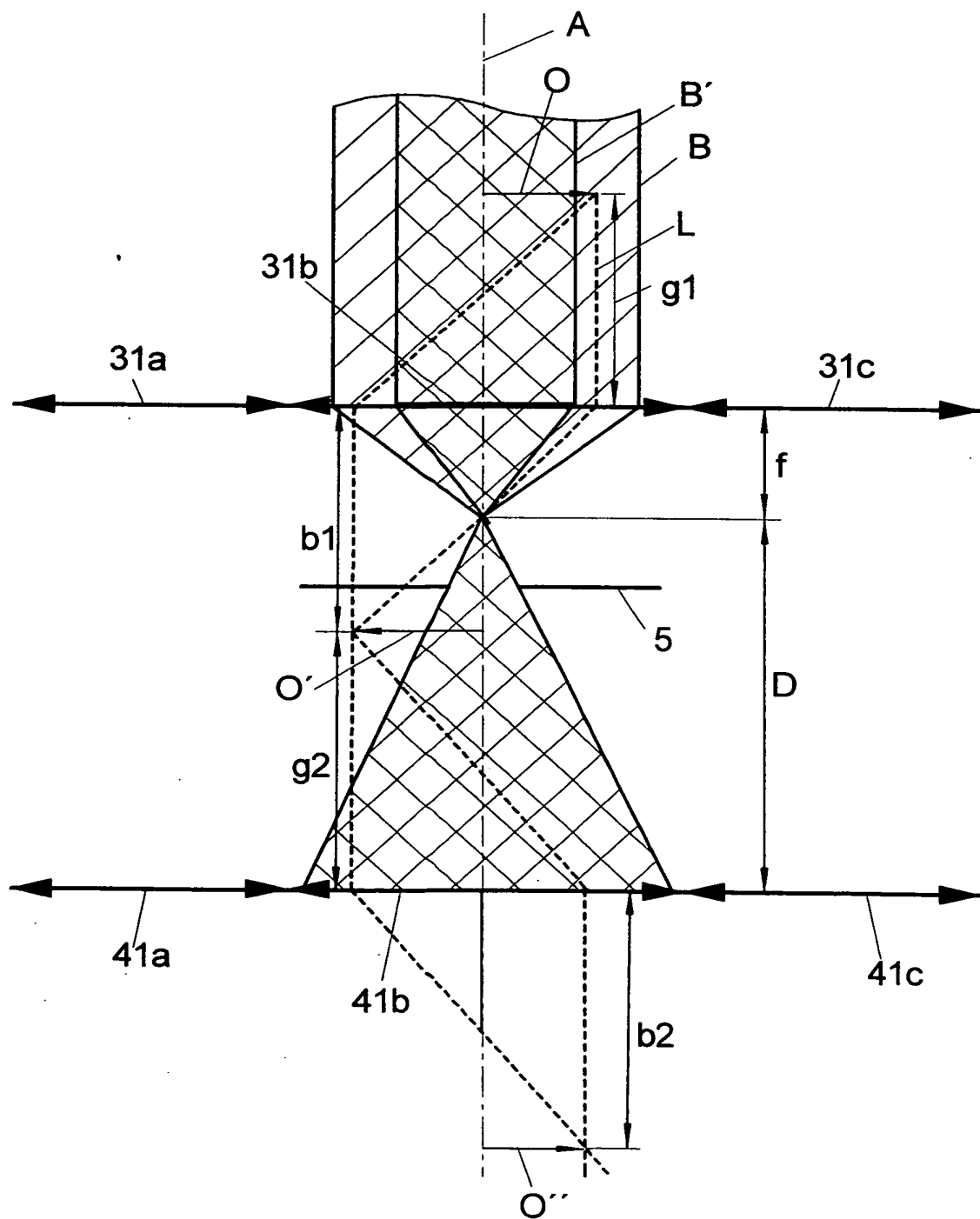
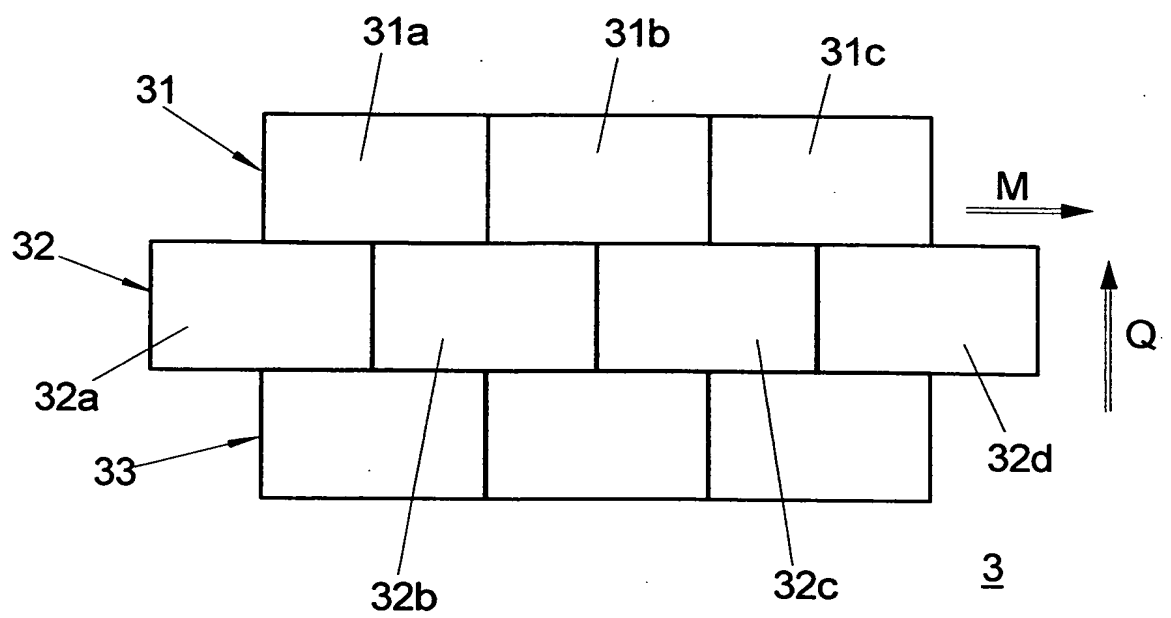


FIG 5



1

2

3

4

10

11

12

13

15

19

30

40

L

M

21

22

